

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THREE-DIMENSIONAL MEASURING APPARATUS

Patent Number: JP11271030
Publication date: 1999-10-05
Inventor(s): KONDO TAKASHI; TANABE HIDEKI; MIYAZAKI MAKOTO; IDE HIDEKAZU;
UCHINO HIROSHI; NORITA TOSHIO
Applicant(s):: MINOLTA CO LTD
Requested Patent: ☐ JP11271030
Application Number: JP19980076845 19980325
Priority Number (s):
IPC Classification: G01B11/24 ; G01B11/00 ; G06T7/00 ; G06T1/00
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To deal with a measurement for various purposes under various measuring conditions by using one three-dimensional measuring apparatus by a method wherein a means which selects an operating mode is installed and a means by which the operating speed of reference light and the readout operation of a light receiving sensor are changed over according to the selected operating mode is installed.

SOLUTION: As an operating mode, a standard mode, a high-speed mode, a wide-Z mode, a high-sensitivity mode, a high-resolution mode, a high-speed and high-wide-Z mode or the like is available according to a performance factor to which priority is given. Then, when the operating mode is set by a measurement start operation, a parameter which corresponds to the operating mode is read out. As the parameter, a readout width parameter, a line interval GT parameter, a shift number GS parameter, a high-sensitivity parameter or the like is available, and the parameter is output to a driver 55. In addition, according to the operating mode, the width and the scanning speed of slit light are set. When the wide-Z mode or the high-speed and high-wide-Z mode is set, a diaphragm is narrowed down. The processing operations are performed by a system controller 61.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-271030

(43) 公開日 平成11年(1999)10月5日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

G 0 1 B 11/24

G 0 1 B 11/24

A

11/00

11/00

B

G 0 6 T 7/00

G 0 6 F 15/62

4 1 5

1/00

15/64

M

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-76845

(22) 出願日 平成10年(1998)3月25日

(71) 出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72) 発明者 近藤 尊司

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72) 発明者 田辺 英樹

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 久保 幸雄

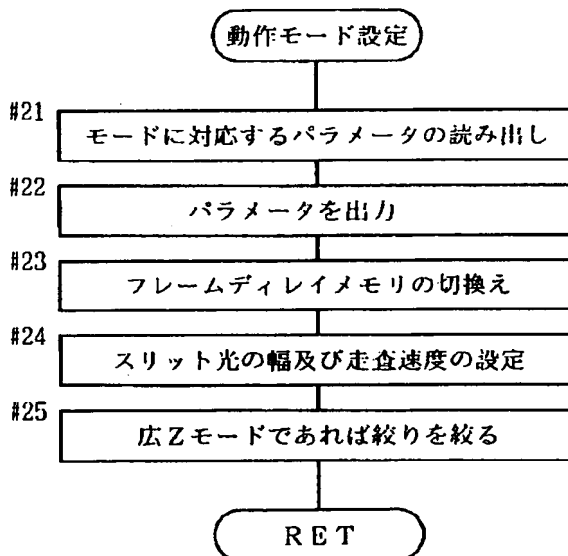
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元計測装置

(57) 【要約】

【課題】 1つの3次元計測装置を用いて種々の計測条件によって様々な目的の計測に対応できること。

【解決手段】 計測対象に参照光を照射する手段と、参照光を走査する手段と、参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、参照光の走査中に受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、受光センサの有効受光領域のライン幅及び読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、受光センサの読み出しにおけるフレーム毎のラインのシフト数を切り換える手段と、を有してなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記参照光の走査速度及び前記受光センサの読み出し動作を切り換える手段と、を有してなることを特徴とする3次元計測装置。

【請求項2】計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン幅を切り換える手段と、を有してなることを特徴とする3次元計測装置。

【請求項3】計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、を有してなることを特徴とする3次元計測装置。

【請求項4】計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記参照光の走査速度を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン幅を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、を有してなることを特徴とする3次元計測装置。

【請求項5】計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、

動作モードを選択する手段と、

選択された動作モードに応じて、前記受光センサの有効受光領域のライン幅及び読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、

選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるフレーム毎のラインのシフト数を切り換える手段と、

を有してなることを特徴とする3次元計測装置。

【請求項6】前記シフト数が複数である場合に、途中のラインを読み飛ばすか又は読み出した出力信号を加算するかを切り換える手段を有してなる、請求項5記載の3次元計測装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、物体にスリット光又はスポット光などの参照光を照射して物体形状を非接触で計測する3次元計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、スリット光投影法（光切断法ともいう）を適用した3次元計測装置が知られている（特開平9-196632号）。スリット光投影法は、物体を光学的に走査して3次元画像（距離画像）を得る方法であり、特定の参照光を照射して物体を撮影する能動的計測方法の一種である。スリット光投影法では、参照光として断面が直線状のスリット光が用いられる。

【0003】3次元計測を行うに当たり、その計測（測定）の目的には、いろいろな場合がある。例えば、とにかくできるだけ短時間で高速に撮りたい場合、計測速度は遅くてもよいが高分解能で測定したい場合、奥行きのある深い物体を測定したい場合など、目的に応じて様々である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の3次元計測装置によると、3次元計測装置の仕様に応じた目的のみにしか計測が行えなかった。例えば、計測速度、計測可能な奥行き方向の深さ、及び分解能などが、仕様として所定の値に定められており、もっと高速に計測したい場合、分解能をもっと高くして計測したいというように計測条件を大きく変えたい場合に、それに対応できなかった。

【0005】したがって、従来においては、計測の目的に合わせて3次元計測装置自体をそれぞれ購入し用意する必要があった。本発明は、上述の問題に鑑みてなされ

たもので、1つの3次元計測装置を用いて種々の計測条件によって様々な目的の計測に対応できる3次元計測装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明に係る装置は、計測対象に参照光を照射する手段と、前記参照光を走査する手段と、前記参照光の計測対象による反射光を受光する受光センサと、前記参照光の走査中に前記受光センサを繰り返して駆動して出力信号を読み出す手段とを有し、前記受光センサの出力信号に基づいて計測対象の3次元形状を計測する3次元計測装置において、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記参照光の走査速度及び前記受光センサの読み出し動作を切り換える手段と、を有してなる。

【0007】請求項2の発明に係る装置は、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン幅を切り換える手段と、を有してなる。

【0008】請求項3の発明に係る装置は、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、を有してなる。

【0009】請求項4の発明に係る装置は、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記参照光の走査速度を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン幅を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、を有してなる。

【0010】請求項5の発明に係る装置は、動作モードを選択する手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの有効受光領域のライン幅及び読み出しにおけるライン間隔を切り換える手段と、選択された動作モードに応じて、前記受光センサの読み出しにおけるフレーム毎のラインのシフト数を切り換える手段と、を有してなる。

【0011】請求項6の発明に係る装置は、前記シフト数が複数である場合に、途中のラインを読み飛ばすか又は読み出した出力信号を加算するかを切り換える手段を有してなる。

【0012】図12に示すように、3次元計測装置の性能を示すファクターとして、測定速度QS、奥行き方向(Z方向)のダイナミックレンジである測定レンジQR、分解能QD、感度QB、及び、縦方向(Y方向)のダイナミックレンジである測定エリアQBなどがある。

【0013】これらの性能を決定付けるのは、受光センサの有効受光領域Aeのライン数(読み出しライン数)GL、有効受光領域Aeの全体のライン幅(読み出しライン幅)GW、ライン幅GWをライン数GLで除した値であるライン間隔GT、シフト数GS、及びスリット光

幅GP(スリット光Uの幅w)などである。

【0014】通常、例えばライン数GLが少なくなると、その読み出しが高速で行われるので、測定速度QSが速くなる。ライン幅GWが広くなると、奥行き方向(Z方向)のダイナミックレンジが広がるので、測定レンジQRが広がる。シフト数GSが小さくなると分解能QDが高くなる。

【0015】動作モードには、性能のファクターのいずれを優先させるかによって、標準モード、高速モード、広Zモード、高感度モード、高分解能モード、及び高速高広Zモードなどがある。各動作モードにおいても種々のバリエーションが存在する。これらの動作モードを種々に設定することによって、様々な目的の計測に対応することが可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明に係る計測システム1の構成図である。計測システム1は、スリット光投影法によって立体計測を行う3次元カメラ(レンジファインダ)2と、3次元カメラ2の出力データを処理するホスト3とから構成されている。

【0017】3次元カメラ2は、物体Q上の複数のサンプリング点の3次元位置を特定する計測データ(スリット画像データ)とともに、物体Qのカラー情報を示す2次元画像及びキャリブレーションに必要なデータを出力する。三角測量法を用いてサンプリング点の座標を求める演算処理はホスト3が担う。

【0018】ホスト3は、CPU3a、ディスプレイ3b、キーボード3c、及びマウス3dなどから構成されたコンピュータシステムである。CPU3aには計測データ処理のためのソフトウェアが組み込まれている。ホスト3と3次元カメラ2の間では、オンライン及び可搬型の記録メディア4によるオフラインの両方の形態のデータ受渡しが可能である。記録メディア4としては、光磁気ディスク(MO)、ミニディスク(MD)、メモリカードなどがある。

【0019】図2は3次元カメラ2の外観を示す図である。ハウジング20の前面に投光窓20a及び受光窓20bが設けられている。投光窓20aは受光窓20bに対して上側に位置する。内部の光学ユニットOUが射出するスリット光(所定幅wの帯状のレーザビーム)Uは、投光窓20aを通して計測対象の物体(被写体)に向かう。スリット光Uの長さ方向M1の放射角度φは固定である。物体の表面で反射したスリット光Uの一部が受光窓20bを通して光学ユニットOUに入射する。なお、光学ユニットOUは、投光軸と受光軸との相対関係を適正化するための2軸調整機構を備えている。

【0020】ハウジング20の上面には、ズーミングボタン25a、25b、手動フォーカシングボタン26a、26b、及びシャッターボタン27が設けられている。図2(b)のように、ハウジング20の背面には、

液晶ディスプレイ21、カーソルボタン22、セレクトボタン23、キャンセルボタン24、アナログ出力端子31、32、デジタル出力端子33、及び記録メディア4の着脱口30aが設けられている。

【0021】液晶ディスプレイ21(LCD)は、操作画面の表示手段及び電子ファインダとして用いられる。撮影者は背面の各ボタン21~24によって撮影モードの設定を行うことができる。特に、セレクトボタン23によって動作モードの設定が行われる。アナログ出力端子31からは計測データが出力され、アナログ出力端子31からは2次元画像信号が例えばNTSC形式で出力される。デジタル出力端子33は例えばSCSI端子である。

【0022】図3は3次元カメラ2の機能構成を示すブロック図である。図中の実線矢印は電気信号の流れを示し、破線矢印は光の流れを示している。3次元カメラ2は、上述の光学ユニットOUを構成する投光側及び受光側の2つの光学系40、50を有している。光学系40において、半導体レーザ(LD)41が射出する波長685nmのレーザビームは、投光レンズ系42を通過することによってスリット光Uとなり、ガルバノミラー(走査手段)43によって偏向される。半導体レーザ41のドライバ44、投光レンズ系42の駆動系45、及びガルバノミラー43の駆動系46は、システムコントローラ61によって制御される。

【0023】光学系50において、ズームユニット51によって集光された光はビームスプリッタ52によって分光される。半導体レーザ41の発振波長帯域の光は、計測用のセンサ53に入射する。可視帯域の光は、モニタ用のカラーセンサ54に入射する。センサ53及びカラーセンサ54は、どちらもCCDエリアセンサである。ズームユニット51は内焦型であり、入射光の一部がオートフォーカシング(AF)に利用される。AF機能は、AFセンサ57とレンズコントローラ58とフォーカシング駆動系59によって実現される。ズーミング駆動系60は電動ズーミングのために設けられている。絞り駆動系59aは、絞り開口を制御するための設けられている。

【0024】センサ53による撮像情報は、ドライバ55からのクロックに同期して出力処理回路62へ転送される。出力処理回路62によってセンサ53の各画素毎に対応する計測データが生成され、メモリ63、64に格納される。その後、オペレータがデータ出力を指示すると、計測データは、SCSIコントローラ66又はNTSC変換回路65によって所定形式でオンライン出力され、又は記録メディア4に格納される。計測データのオンライン出力には、アナログ出力端子31又はデジタル出力端子33が用いられる。カラーセンサ54による撮像情報は、ドライバ56からのクロックに同期してカラー処理回路67へ転送される。カラー処理を受けた

撮像情報は、NTSC変換回路70及びアナログ出力端子32を経てオンライン出力され、又はデジタル画像生成部68で量子化されてカラー画像メモリ69に格納される。その後、カラー画像データがカラー画像メモリ69からSCSIコントローラ66へ転送され、デジタル出力端子33からオンライン出力され、又は計測データと対応づけて記録メディア4に格納される。なお、カラー画像は、センサ53による距離画像と同一の画角の像であり、ホスト3側におけるアプリケーション処理に際して参考情報として利用される。カラー情報を利用する処理としては、例えばカメラ視点の異なる複数組の計測データを組み合わせて3次元形状モデルを生成する処理、3次元形状モデルの不要の頂点を間引く処理などがある。システムコントローラ61は、キャラクタジェネレータ71に対して、LCD21の画面上に適切な文字や記号を表示するための指示を与える。

【0025】図4は投光レンズ系42の構成を示す模式図である。図4(a)は正面図であり、図4(b)は側面図である。投光レンズ系42は、コリメータレンズ421、バリエータレンズ422、及びエキスパンダレンズ423の3つのレンズから構成されている。半導体レーザ41が射出したレーザビームに対して、次の順序で適切なスリット光Uを得るための光学的処理が行われる。まず、コリメータレンズ421によってビームが平行化される。次にバリエータレンズ422によってレーザビームのビーム径が調整される。最後にエキスパンダレンズ423によってビームがスリット長さ方向(スリット走査方向)M1に広げられる。

【0026】バリエータレンズ422は、撮影距離及び撮影の画角に係わらず、センサ53に3以上の複数画素分の幅のスリット光Uを入射させるために設けられている。駆動系45は、システムコントローラ61の指示に従って、センサ53上でのスリット光Uの幅wを一定に保つようにバリエータレンズ422を移動させる。バリエータレンズ422と受光側のズームユニット51とは連動する。また、システムコントローラ61の指示にしたがって、後述の動作モードに応じてスリット光Uの幅wが制御される。

【0027】ガルバノミラー43による偏向の以前にスリット長を拡げることにより、偏向の後で行う場合に比べてスリット光Uの歪みを低減することができる。エキスパンダレンズ423を投光レンズ系42の最終段に配置することにより、すなわちガルバノミラー43に近づけることにより、ガルバノミラー43を小型化することができる。

【0028】図5は計測システム1における3次元位置の算出の原理図、図23はスリット光投影法の概要を示す図、図24はスリット光投影法による計測の原理を説明するための図である。図5において、図23及び図24と対応する要素には同一の符号を付してある。

【0029】センサ53の撮像面S2上で複数画素分となる比較的幅の広いスリット光Uを物体Qに照射する。スリット光Uの幅は、標準モードでは5画素分に設定されるが、動作モードに応じて異なる画素分に切り換えられる。例えば、高速モード又は広Zモードなどにおいてライン間隔を「2」とする場合には、幅wは10画素分に設定される。また、スリット光Uは物体Qの走査のために偏向される。スリット光Uの移動方向は、図5に示す撮像面S2上を上から下に向かう方向である。スリット光Uの移動速度は、標準モードではサンプリング周期毎に撮像面S2上で1画素ピッチpvだけ移動するように設定されるが、動作モードに応じて異なる速度に切り換えられる。例えば、高速モード又は広Zモードなどにおいて後述のシフト数GSを「2」とした場合には、サンプリング周期毎に2画素ピッチ(2pv)だけ移動する。サンプリング周期毎に、センサ53から1フレーム分の光電変換情報が出力される。

【0030】撮像面S2の1つの画素gに注目すると、走査中に行うN回のサンプリングの内の5回のサンプリングにおいて有効な受光データが得られる。これら5回分の受光データに対する補間演算によって注目画素gがにらむ範囲の物体表面agをスリット光Uの光軸が通過するタイミング(時間重心Npeak: 注目画素gの受光量が最大となる時刻)を求める。図5(b)の例では、n回目とその1つ前の(n-1)回目の間のタイミングで受光量が最大である。求めたタイミングにおけるスリット光の照射方向と、注目画素に対するスリット光の入射方向との関係に基づいて、物体Qの位置(座標)を算出する。これにより、撮像面の画素ピッチpvで規定される分解能より高い分解能の計測が可能となる。

【0031】注目画素gの受光量は物体Qの反射率に依存する。しかし、5回のサンプリングの各受光量の相対比は受光の絶対量に係わらず一定である。つまり、物体色の濃淡は計測精度に影響しない。

【0032】本実施形態の計測システム1では、3次元カメラ2がセンサ53の画素g毎に5回分の受光データを計測データとしてホスト3に出力し、ホスト3が計測データに基づいて物体Qの座標を算出する。3次元カメラ2の出力処理回路62(図3参照)は、各画素gに対応した計測データの生成を担う。

【0033】図6は出力処理回路62のブロック図、図7はセンサ53の読出し範囲を示す図、図8はCCDエリアセンサのインターライン転送の場合の構成の例を示す図である。

【0034】出力処理回路62は、センサ53の出力する各画素gの光電変換信号を8ビットの受光データに変換するAD変換部620、直列接続されるそれぞれ4つのフレームディレイメモリ621a~624a、621b~624b、セレクト621c~624c、有効な5回分の受光データを記憶するための5つのメモリバンク

625A~E、受光データが最大となるフレーム番号(サンプリング番号)FNを記憶するためのメモリバンク625F、コンパレータ626、フレーム番号FNを指し示すジェネレータ627、及びメモリバンク625A~Fのアドレス指定などを行う図示しないメモリ制御手段から構成されている。各メモリバンク625A~Eは、計測のサンプリング点数(つまり、センサ53の有効画素数)と同数の受光データを記憶可能な容量をもつ。

【0035】AD変換部620は、1フレーム毎に32ライン分の受光データD620を画素gの配列順にシリアルに出力する。4つのフレームディレイメモリ621a~624a及び621b~624bは、それぞれデータ遅延を行うためのものであり、これによって個々の画素gについて5フレーム分の受光データを同時にメモリバンク625A~Eに格納することが可能となっている。4つのフレームディレイメモリ621a~624a及び621b~624bは、それぞれ、31(=32-1)ライン分、又は15(=16-1)ライン分の容量をもつFIFOである。セレクト621c~624cは、動作モードに応じて、フレームディレイメモリ621a~624a又は621b~624bのいずれかの出力を選択する。

【0036】センサ53における1フレームの読出しは、撮像面S2の全体ではなく、高速化を図るために図7のように撮像面S2の一部の有効受光領域(帯状画像)Aeのみを対象に行われる。有効受光領域Aeのシフト方向(縦方向)の画素数(つまりライン数GL)は、標準モードでは「32」であるが、動作モードによっては「16」「64」などに設定される。また、有効受光領域Aeは、スリット光Uの偏向(走査)に伴ってフレーム毎に所定画素分だけシフトする。フレーム毎のシフト数GSは、標準モードでは1画素分であるが、動作モードによっては2画素分となる。

【0037】上述のように、有効受光領域Aeのライン数GL及びシフト数GSは、モードに応じて変更される。変更のための制御は、システムコントローラ61が計測用のセンサ53のドライバ55に指示信号を出力することにより行われる。ドライバ55は、システムコントローラ61からの指示信号に基づいて、センサ53の有効受光領域Aeのライン数GL及びシフト数GSを制御しながらセンサ53を駆動する。

【0038】なお、CCDエリアセンサの撮影像の一部のみを読み出す手法は、特開平7-174536号公報に開示されており、本実施形態においてセンサ53から有効受光領域Aeのみを読み出すために、また有効受光領域Aeにおける必要なラインのみを読み出すために、その手法が適用される。

【0039】その手法の概略を図8を参照して説明すると、センサ53の有効受光領域Aeの開始ラインまで

は、蓄積された電荷をオーバーフローラインODへ排出する。有効受光領域Aeにおいては、転送ゲートへの1シフト信号入力を行い、最下の垂直レジスタの各電荷を水平レジスタHRGに読み出し、その後、水平シフト信号により1画像ずつ出力させる。有効受光領域Aeの終了ライン以降の電荷は、オーバーフローラインODへ排出する。

【0040】したがって、1ラインおきに読み出す動作モードの場合には、有効受光領域Aeの読み出しの際に、1ラインおきにオーバーフローラインODへ排出するように制御する。有効受光領域Aeのシフト数GSの制御は、有効受光領域Aeの開始ラインの設定をシフトさせることにより行われる。2ライン分を加算するモード、例えば高感度モードのときには、転送ゲートTGへ2個のシフト信号を入力した後に水平レジスタHRGから読み出す。

【0041】センサ53から読み出す際に、有効受光領域Aeのライン数GLが「32」である場合にはフレームディレイメモリ621a~624aによる31ラインディレイ出力を、ライン数GLが「16」である場合にはフレームディレイメモリ621b~624bによる15ラインディレイ出力を、それぞれ選択する。なお、有効受光領域Aeのライン数GLを「64」とするモードを設ける場合には、さらに63ラインディレイのためのフレームディレイメモリをも設け、その出力を選択可能に構成する。

【0042】AD変換部620から出力された注目画素gの受光データD620は、2フレーム分だけ遅延された時点で、コンパレータ626によって、メモリバンク625Cが記憶する注目画素gについての過去の受光データD620の最大値と比較される。遅延された受光データD620（フレームディレイメモリ622a又はbの出力）が過去の最大値より大きい場合に、その時点のAD変換部620の出力及び各フレームディレイメモリ621a~624a又は621b~624bの出力が、メモリバンク625A~Eにそれぞれ格納され、メモリバンク625A~Eの記憶内容が書換えられる。これと同時にメモリバンク625Fには、メモリバンク625Cに格納する受光データD620に対応したフレーム番号FNが格納される。

【0043】すなわち、n番目（ $n < N$ ）のフレームで注目画素gの受光量が最大になった場合には、メモリバンク625Aに（ $n+2$ ）番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク625Bに（ $n+1$ ）番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク625Cにn番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク625Dに（ $n-1$ ）番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク625Eに（ $n-2$ ）番目のフレームのデータが格納され、メモリバンク625Fにnが格納される。

【0044】次に、3次元カメラ2及びホスト3の動作を計測の手順と合わせて説明する。以下では、計測のサンプリング点数を 200×231 とする。すなわち、撮像面S2におけるスリット長さ方向の画素数は231であり、実質的なフレーム数Nも200である。

【0045】ユーザー（撮影者）は、LCD21が表示するカラーモニタ像を見ながら、カメラ位置と向きとを決め、画角を設定する。その際、必要に応じてズーム操作を行う。3次元カメラ2ではカラーセンサ54に対する絞り調整は行われず、電子シャッター機能により露出制御されたカラーモニタ像が表示される。これは、絞りを開放状態とすることによってセンサ53の入射光量をできるだけ多くするためである。

【0046】図9は3次元カメラ2におけるデータの流れを示す図、図10はホスト3におけるデータの流れを示す図、図11は光学系の各点と物体Qとの関係を示す図である。

【0047】ユーザーによる画角選択操作（ズーム）に応じて、ズームユニット51のバリエータ部514の移動が行われる。また、フォーカシング部512の移動による手動又は自動のフォーカシングが行われる。フォーカシングの過程でおおよその対物間距離 d_0 が測定される。

【0048】このような受光系のレンズ駆動に呼応して、投光側のバリエータレンズ422の移動量が図示しない演算回路によって算出され、算出結果に基づいてバリエータレンズ422の移動制御が行われる。

【0049】システムコントローラ61は、レンズコントローラ58を介して、フォーカシングエンコーダ59Aの出力（繰り出し量Ed）及びズームエンコーダ60Aの出力（ズーム刻み値fp）を読み込む。システムコントローラ61の内部において、歪曲収差テーブルT1、主点位置テーブルT2、及び像距離テーブルT3が参照され、繰り出し量Ed及びズーム刻み値fpに対応した撮影条件データがホスト2へ出力される。ここでの撮影条件データは、歪曲収差パラメータ（レンズ歪み補正係数 d_1 、 d_2 ）、前側主点位置FH、及び像距離bである。前側主点位置FHは、ズームユニット51の前側端点Fと前側主点Hとの距離で表される。前側端点Fは固定であるので、前側主点位置FHにより前側主点Hを特定することができる。

【0050】システムコントローラ61は、半導体レーザ41の出力（レーザ強度）及びスリット光Uの偏向条件（走査開始角、走査終了角、偏向角速度）を算定する。この算定方法を詳しく説明する。まず、おおよその対物間距離 d_0 に平面物体が存在するものとして、センサ53の中央で反射光を受光するように投射角設定を行う。以下で説明するレーザ強度の算定のためのパルス点灯は、この設定された投射角で行う。

【0051】次にレーザ強度を算定する。レーザ強度の

算定に際しては、人体を計測する場合があるので、安全性に対する配慮が不可欠である。まず、最小強度 LD_{min} でパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。取り込んだ信号〔 $So_n(LD_{min})$ 〕と適正レベル $Styp$ との比を算出し、仮のレーザ強度 $LD1$ を設定する。

【0052】 $LD1 = LD_{min} \times Styp / MAX〔So_n(LD_{min})〕$

続いてレーザ強度 $LD1$ で再びパルス点灯し、センサ53の出力を取り込む。取り込んだ信号〔 $So_n(LD1)$ 〕が適正レベル $Styp$ 又はそれに近い値であれば、 $LD1$ をレーザ強度 LDs と決める。他の場合には、レーザ強度 $LD1$ と $MAX〔So_n(LD1)〕$ とを用いて仮のレーザ強度 $LD1$ を設定し、センサ53の出力と適正レベル $Styp$ とを比較する。センサ53の出力が許容範囲内の値となるまで、レーザ強度の仮設定と適否の確認とを繰り返す。なお、センサ53の出力の取り込みは、撮像面 $S2$ の全面を対象に行う。これは、 AF による受動的な距離算出では、スリット光 U の受光位置を高精度に推定することが難しいためである。センサ53における CCD の積分時間は1フィールド時間（例えば1/60秒）であり、実際の計測時における積分時間より長い。このため、パルス点灯を行うことにより、計測時と等価なセンサ出力を得る。

【0053】次に、投射角と、レーザ強度が決定したときのスリット光 U の受光位置から、三角測量により対物間距離 d を決定する。最後に、決定された対物間距離 d に基づいて、偏向条件を算出する。偏向条件の算定に際しては、対物間距離 d の測距基準点である受光系の後側主点 H' と投光の起点 A との Z 方向（図24参照）のオフセット $doff$ を考慮する。また、走査方向の端部においても中央部と同様の計測可能距離範囲 d' を確保するため、所定量（例えば8画素分）のオーバースキャンを行うようにする。走査開始角 $th1$ 、走査終了角 $th2$ 、偏向角速度 ω は、次式で表される。

【0054】 $th1 = \tan^{-1} \{ \beta \times pv (np/2 + 8) + L \} / (d + doff) \} \times 180 / \pi$

$th2 = \tan^{-1} \{ -\beta \times pv (np/2 + 8) + L \} / (d + doff) \} \times 180 / \pi$

$\omega = (th1 - th2) / np$

β ：撮像倍率（ $= d / \text{実効焦点距離 } f_{real}$ ）

pv ：画素ピッチ

np ：撮像面 $S2$ の Y 方向の有効画素数

L ：基線長

このようにして算出された条件で次に本発光に移り、物体 Q の走査（スリット投影）が行われ、上述の出力処理回路52によって得られた1画素当たり5フレーム分の計測データ（スリット画像データ） $D62$ がホスト2へ送られる。同時に、偏向条件（偏向制御データ）及びセンサ53の仕様などを示す装置情報 $D10$ も、ホスト3

へ送られる。

【0055】図10のように、ホスト3においては、スリット重心演算#31、歪曲収差の補正演算#32、カメラ視線方程式の演算#33、スリット面方程式の演算#34、及び3次元位置演算#35が実行され、それによって 200×231 個のサンプリング点の3次元位置（座標 X, Y, Z ）が算定される。サンプリング点はカメラ視線（サンプリング点と後側主点 H' とを結ぶ直線）とスリット面（サンプリング点を照射するスリット光 U の光軸面）との交点である。

【0056】さて、次に、動作モードについて説明する。図12は動作モードの種類を示す図である。計測システム1の性能を示すファクターとして、計測（撮影）に要する時間の逆数に比例する測定速度 QS 、奥行き方向（ Z 方向）のダイナミックレンジである測定レンジ QR 、分解能 QD 、感度 QB 、及び、縦方向（ Y 方向）のダイナミックレンジである測定エリア QB がある。

【0057】これらの性能を決定付けるのは、有効受光領域 Ae のライン数（読み出しライン数） GL 、有効受光領域 Ae の全体のライン幅（読み出しライン幅） GW 、ライン幅 GW をライン数 GL で除した値であるライン間隔 GT 、シフト数 GS 、及びスリット光幅 GP （スリット光 U の幅 w ）である。ライン間隔 GT を「2」とした場合に、1ラインおきに読み出すようにしてもよいし、2ライン分を加算した後に読み出すようにしてもよい。2ライン分を加算した後に読み出すようにすると高感度モードとなる。

【0058】通常、ライン数 GL が少なくなると、その読み出しが高速で行われるので、測定速度 QS が速くなる。ライン幅 GW が広くなると、奥行き方向（ Z 方向）のダイナミックレンジが広がるので、測定レンジ QR が広がる。シフト数 GS が小さくなると分解能 QD が高くなる。

【0059】動作モードには、性能のファクターのいずれを優先させるかによって、標準モード、高速モード、広 Z モード、高感度モード、高分解能モード、及び高速高広 Z モードがある。各動作モードにおいても種々のバリエーションが存在する。

【0060】次に、計測システム1の動作、特に各動作モードの相違点を中心に説明する。図13は計測システム1の動作の概要を示すフローチャート、図14はモード設定処理を示すフローチャートである。

【0061】図13において、まず初期設定が行われる（#11）。動作モード設定操作があった場合に、動作モードが変更される（#12、13）。測定開始操作が行われると、操作に応じた動作モード設定が行われる（#14、15）。その後、設定された動作モードによって測定が行われる（#16）。

【0062】図14において、操作で設定された動作モードに対応するパラメータの読み出しが行われる（#2

1)。パラメータとして、読み出し幅(有効受光領域A_e)、ライン間隔G_T、シフト数G_S、高感度モードであるか否かなどがあり、それらのパラメータがドライバ55に出力される(#22)。

【0063】なお、高感度モードであるか否かを示すパラメータは、ライン間隔G_Tが「2」の場合に2ライン分を加算した後に読み出すように設定されている場合に用いられる。また、パラメータとして出力する代わりに、動作モードの種類を示す信号を出力してもよい。その場合に、ドライバ55内において、動作モードに対応した動作を行うための変換を行う必要がある。

【0064】ライン数G_Lに基づいて、セレクト621c~624cによりフレームディレイメモリ621a~624a又は621b~624bのいずれかが選択される(#23)。

【0065】動作モードに応じて、スリット光Uの幅w及び走査速度が設定される(#24)。広Zモード又は高速高広Zモードである場合に、絞りが絞られる(#25)。つまり、広Zモード又は高速高広Zモードでは、測定距離範囲が広く、広い範囲にわたってピントを合わせる必要がある。絞りを絞ることによって被写界深度を深くし、ピントを合いやすくする。

【0066】これらの処理はシステムコントローラ61によって行われる。以下、各動作モードについて、その典型的ないくつかの例を説明する。標準モードは、測定速度Q_S、測定レンジQ_R、分解能Q_D、感度Q_B、及び測定エリアQ_Bのいずれもが標準的な状態に設定されたモードである。標準モードでは、図7にも示すように、ライン数G_Lが「32」、ライン幅GWが「32」、ライン間隔G_Tが「1」、シフト数G_Sが「1」、スリット光幅GPが「5」に、それぞれ設定される。標準モードでは、測定速度Q_S、測定レンジQ_R、分解能Q_D、感度Q_B、及び測定エリアQ_Bのいずれも「1」とする。他の動作モードは、この標準モードの性能との比較において優れた性能に着目して名付けられる。

【0067】高速モードは、計測を高速で行う動作モードである。高速モードでは、ライン数G_Lを標準モードの半分にし、またシフト数G_Sを標準モードの2倍とする。また、ライン幅GWを標準モードのままにすると、ライン幅GWを標準モードの半分としてライン間隔G_Tを「2」とする場合とがある。

【0068】ライン数G_Lを少なくすると、1フレーム分の受光データの読み出し時間が短縮される。したがって、フレームをシフトする周期を短くすることができ、全画面について測定する時間が短縮される。また、シフト数G_Sを多くすると、全画面の測定のためのフレーム数が少なくなるので、全画面について測定する時間が短縮される。いずれの場合であっても、有効受光領域A_eが高速に移動するので、スリット光Uも高速に移動させ

る必要がある。

【0069】ライン数G_L及びシフト数G_Sなどの組み合わせによって、図12に示すように、高速モード1~高速モード5の種類がある。また、パラメータを適当に設定することによって、これら以外の高速モードとすることが可能である。

【0070】図15は高速モード1におけるセンサ53の有効受光領域A_e(読み出し範囲)を示す図、図16は高速モード2における有効受光領域A_eを示す図、図17は高速モード3における有効受光領域A_eを示す図、図18は高速モード4における有効受光領域A_eを示す図である。

【0071】図15に示す高速モード1において、有効受光領域A_eのシフト方向の画素数は「16」である。スリット光Uの走査速度は標準モードの2倍となるよう制御する。高速モード1では、標準モードに対して次のような特徴がある。

【0072】

読み出し時間 : 1/2 (測定速度は2倍)

測定レンジ : 1/2

分解能 : 同じ

すなわち、高速モード1は、測定レンジQ_Rよりも分解能Q_Dに重点におく場合に有効である。

【0073】図16に示す高速モード2において、有効受光領域A_eのライン幅GW、つまりシフト方向の画素の幅は「32」であるが、ライン間隔G_Tが「2」であり、1画素毎に読み飛ばしているため、ライン数G_L、つまり受光データの画素数としてはその半分の「16」となる。高速モード2におけるスリット光幅GPは「10」であるが、そのうちの半分は読み飛ばされるので、受光データとしては5画素分となる。高速モード2では標準モードに対して次のような特徴がある。

【0074】

読み出し時間 : 1/2

測定レンジ : 同じ

分解能 : 1/2

すなわち、高速モード2は、分解能Q_Dよりも測定レンジQ_Rに重点におく場合に有効である。

【0075】図17に示す高速モード3において、有効受光領域A_eのライン数G_L及びライン幅GWはともに「32」であるが、シフト数G_Sが「2」であり、有効受光領域A_eを2ラインづつシフトさせる。これによって、入力されるフレーム数が少なくなり、全体の測定時間が削減される。スリット光Uの移動量も1フレームに対して2ラインとなるように制御される。高速モード3では標準モードに対して次のような特徴がある。

【0076】

読み出し時間 : 1/2

測定レンジ : 同じ

分解能 : 1/2

図18に示す高速モード4において、有効受光領域Aeのライン数GL及びライン幅GWはともに「32」であり、シフト数GSも「1」であるが、センサ53の撮像面S2の全域にわたって測定を行うのではなく、そのうちの一部分のみにおいて測定を行う。したがって測定エリアQBは狭くなる。スリット光Uの走査範囲もこれに合わせる。標準モードにおけるフレーム数をN、高速モード4におけるフレーム数をN'とし、 $R = N' / N$ と定義すると、このRを用いて、高速モード4の標準モードに対する特徴は次のように表される。

【0077】

読み出し時間 : R
測定レンジ : 同じ
分解能 : 同じ
測定エリア : R

なお、高速モード4を実現するには、図14に示すフローチャートのステップ#22において、開始フレーム番号と終了フレーム番号とをドライバ55に出力するように構成し、且つ、スリット光Uの走査開始位置及び走査終了位置を設定する。

【0078】次に、広Zモードについて説明する。広Zモードは、奥行き方向の測定レンジを広げた動作モードである。広Zモードでは、ライン幅GWを標準モードの2倍とする。

【0079】図19は広Zモード1における有効受光領域Aeを示す図、図20は広Zモード2における有効受光領域Aeを示す図である。図19に示す広Zモード1において、有効受光領域Aeのライン幅GWは「64」であるが、1画素毎に読み飛ばしているため、受光データの画素数は「32」である。広Zモード1におけるスリット光幅GPは「10」であるが、そのうちの半分は読み飛ばされるため、受光データとしては5画素分となる。広Zモード1では、標準モードに対して次のような特徴がある。

【0080】

読み出し時間 : 同じ
測定レンジ : 2倍
分解能 : 1/2

すなわち、広Zモード1は、測定レンジQRを広げたい場合に有効である。

【0081】図20に示す広Zモード2において、有効受光領域Aeのライン数GL及びライン幅GWは「64」であり、標準モードの2倍である。スリット光Uの走査速度は標準モードの半分である。広Zモード2では標準モードに対して次の特徴がある。

【0082】

読み出し時間 : 2倍
測定レンジ : 2倍
分解能 : 同じ

次に、高感度モードについて説明する。高感度モード

は、センサ53の感度を高くした動作モードである。

【0083】図21は高感度モードにおける有効受光領域Aeを示す図である。図21において、有効受光領域Aeのライン幅GWは「32」であるが、2画素毎に加算するので、ライン数GLつまり受光データの画素数は「16」となる。高感度モードにおけるスリット光幅GPは「10」であるが、2画素分が加算されるため、受光データとしては5画素分となる。スリット光Uの走査速度は標準モードの2倍である。高感度モードでは、標準モードに対して次の特徴がある。

【0084】

読み出し時間 : 1/2
測定レンジ : 同じ
分解能 : 1/2
感度 : 2倍

次に、高分解能モードについて説明する。高分解能モードは、分解能を高くした動作モードである。

【0085】図22は高分解能モードにおける有効受光領域Aeを示す図である。図22において、有効受光領域Aeのライン数GL及びライン幅GWはともに「32」であるが、シフト数GSが1/2である。つまり、スリット光Uの走査速度が標準モードの1/2であり、フレームのシフトが2フレームの読み込みについて1画素分である。スリット光Uが画素ピッチpvの半分を移動する毎にデータを読み出しているため、スリット光Uが画素を通過するタイミングを2倍の精度で検出できる。高分解能モードでは標準モードに対して次の特徴がある。

【0086】

読み出し時間 : 2倍
測定レンジ : 同じ
分解能 : 2倍

なお、高分解能モードを実現するには、図14に示すフローチャートのステップ#22において、2フレームの読み出しについて1画素移動するように設定し、ステップ24において、1フレームの読み出しについて半画素移動するように設定すればよい。出力処理回路62においてフレームディレイメモリ621a~624aを選択することは、標準モードと同様である。

【0087】なお、センサ53の有効受光領域Aeのライン数GL、ライン幅GW、及びシフト数GSの制御は、システムコントローラ61がドライバ55にそれらに対応する指示信号を出力することによって行われる。スリット光Uの走査速度（偏向速度）の制御は、システムコントローラ61が駆動系46に対して指示信号を出力し、これによってガルバノミラー43を駆動することによって行われる。スリット光Uの幅wは、バリエータレンズ422又はコリメータレンズ421の種類又は位置を切り換えることによって、センサ53の撮像面S2上で5画素分と10画素分とに切り換えられる。

【0088】上述の実施形態によると、動作モードを切り換えることによって、測定時間を短縮したい場合、測定の奥行きを広げたい場合、分解能を高めたい場合、感度を高くしたい場合など、種々の目的に応じた計測を行うことができる。また、その場合に、測定の時間が長くなってもよい場合、測定の奥行きが狭くなってもよい場合、分解能が低くなってもよい場合、測定のエリアが狭くなってもよい場合など、計測条件に照らして種々の設定を行うことができる。

【0089】上述の実施形態において、3次元カメラ2とホスト3との機能の分担は種々変更することができる。また、ホスト3の機能を3次元カメラ2に内蔵するなどによってそれらを一体としてもよい。上述の実施形態においては、スリット光Uを走査する場合について説明したが、スポット光を2次元に走査する場合であっても本発明を適用することができる。

【0090】上述の実施形態において、動作モードの設定内容、組み合わせ内容、出力処理回路62の構成、処理内容、その他、計測システム1の全体又は各部の構成、回路、処理内容、処理順序、処理タイミング、設定内容、設定値などは、本発明の趣旨に沿って適宜変更することができる。

【0091】

【発明の効果】本発明によると、1つの3次元計測装置を用い、種々の計測条件によって様々な目的の計測に対応することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る計測システムの構成図である。

【図2】3次元カメラの外観を示す図である。

【図3】3次元カメラの機能構成を示すブロック図である。

【図4】投光レンズ系の構成を示す模式図である。

【図5】計測システムにおける3次元位置の算出の原理図である。

【図6】出力処理回路のブロック図である。

【図7】センサの読出し範囲を示す図である。

【図8】CCDエリアセンサのインターライン転送の場合の構成の例を示す図である。

【図9】3次元カメラにおけるデータの流れを示す図である。

【図10】ホストにおけるデータの流れを示す図である。

【図11】光学系の各点と物体との関係を示す図である。

【図12】動作モードの種類を示す図である。

【図13】計測システムの動作の概要を示すフローチャートである。

【図14】モード設定処理を示すフローチャートである。

【図15】高速モード1におけるセンサの有効受光領域を示す図である。

【図16】高速モード2における有効受光領域を示す図である。

【図17】高速モード3における有効受光領域を示す図である。

【図18】高速モード4における有効受光領域を示す図である。

【図19】広Zモード1における有効受光領域を示す図である。

【図20】広Zモード2における有効受光領域を示す図である。

【図21】高感度モードにおける有効受光領域を示す図である。

【図22】高分解能モードにおける有効受光領域を示す図である。

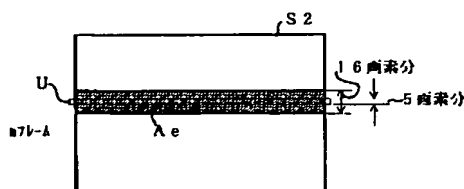
【図23】スリット光投影法の概要を示す図である。

【図24】スリット光投影法による計測の原理を説明するための図である。

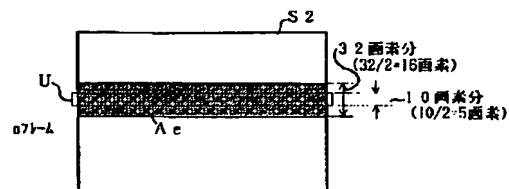
【符号の説明】

- 1 計測システム(3次元計測装置)
- 23 セレクトボタン(動作モードを選択する手段)
- 41 半導体レーザ(照射する手段)
- 43 ガルバノミラー(走査する手段)
- 53 センサ(受光センサ)
- 55 ドライバ(出力信号を読み出す手段)
- 61 システムコントローラ(走査速度を切り換える手段、ライン幅を切り換える手段、ライン間隔を切り換える手段、シフト数を切り換える手段)
- Q 物体(計測対象)
- U スリット光(参照光)

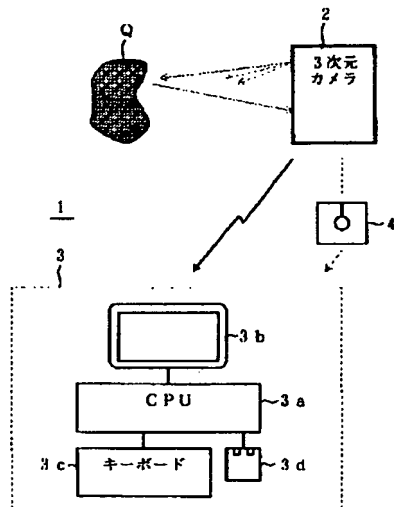
【図15】



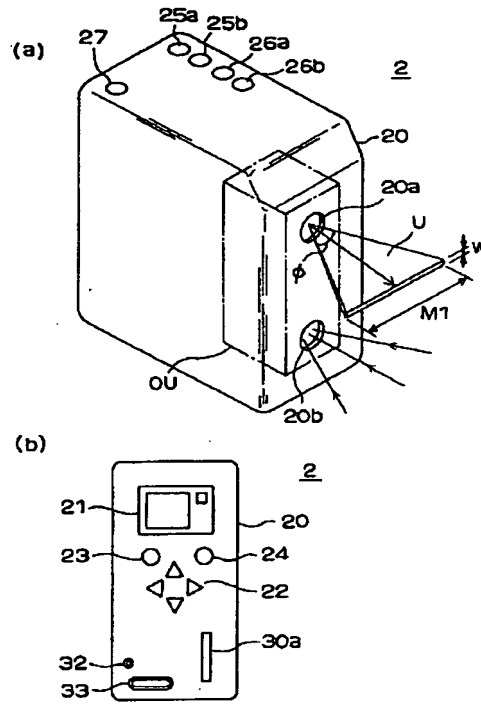
【図16】



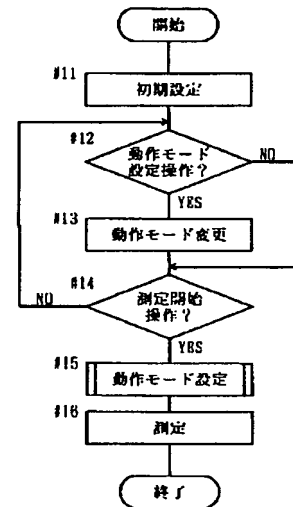
【図1】



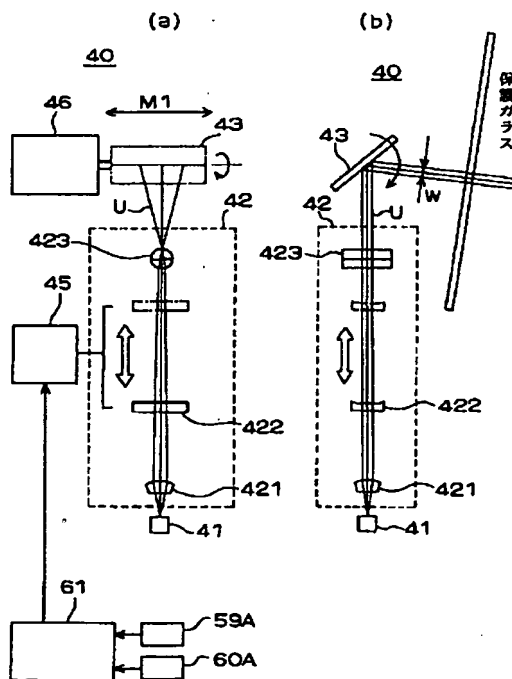
【図2】



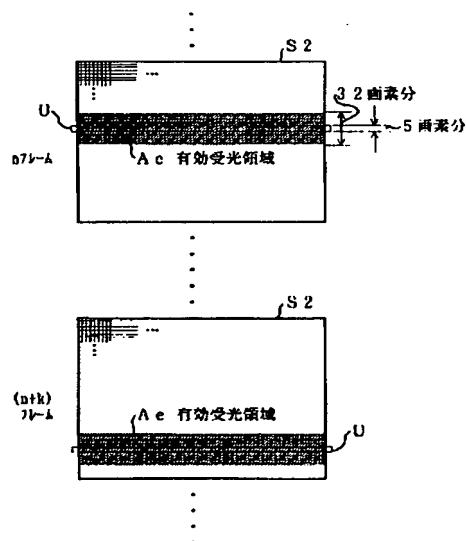
【図13】



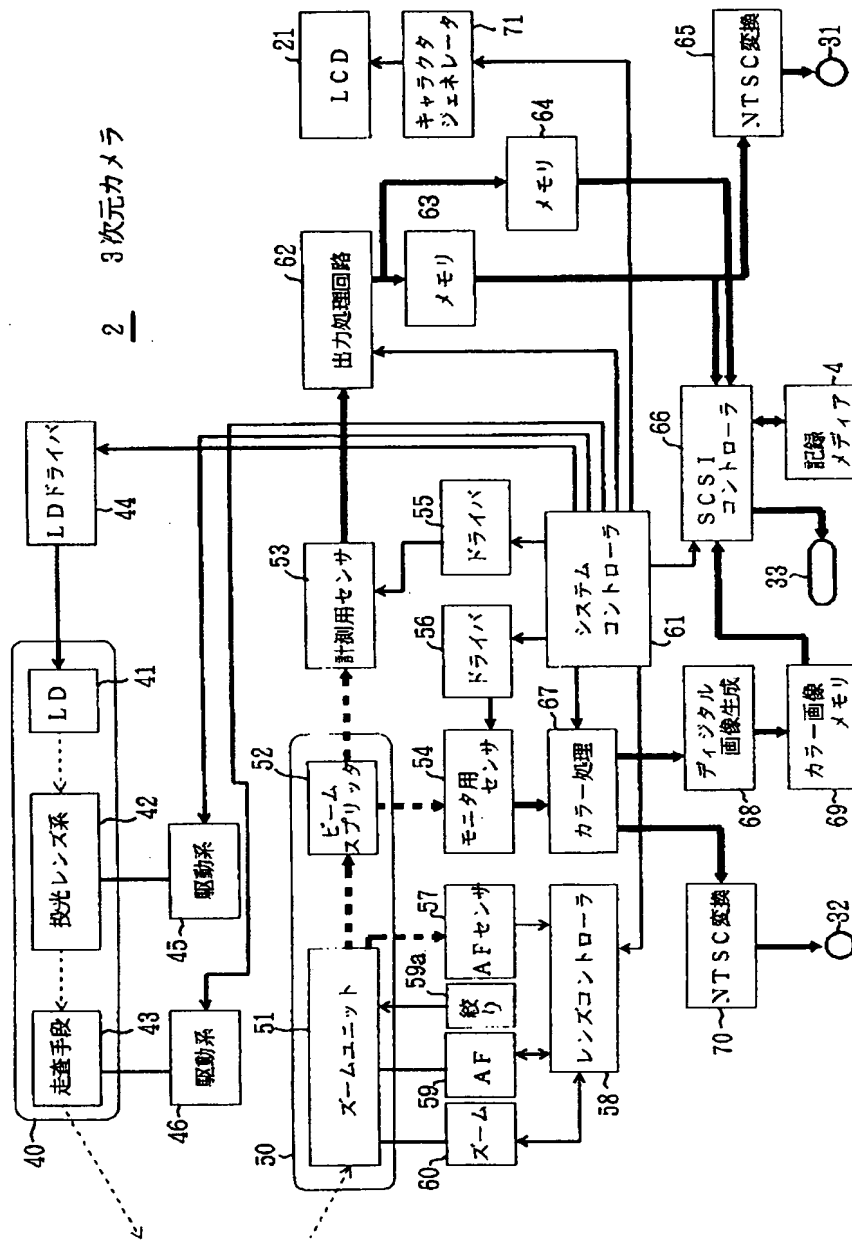
【図4】



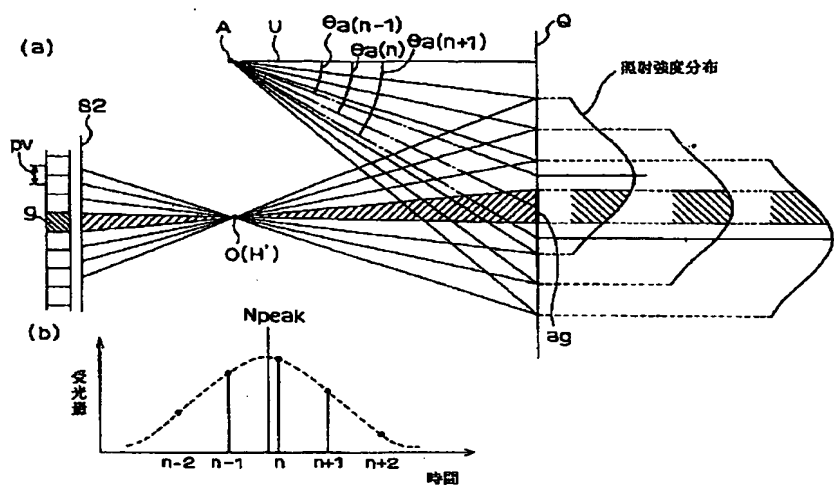
【図7】



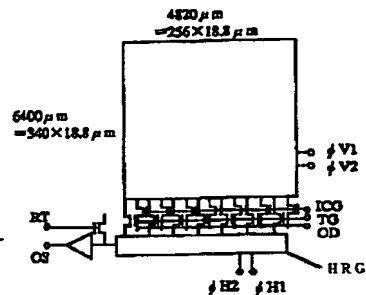
2 3次元カメラ



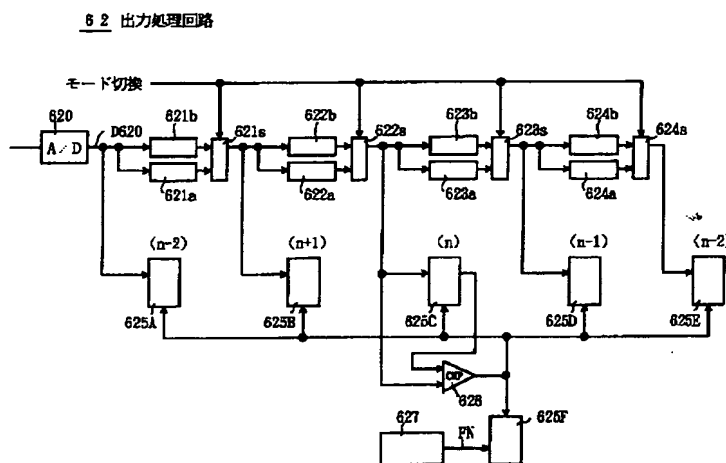
【図5】



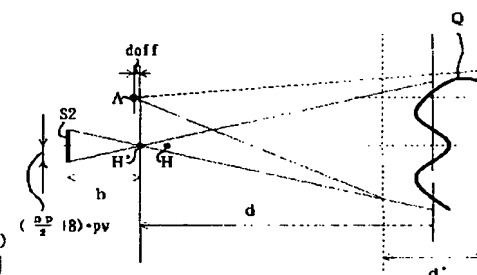
【図8】



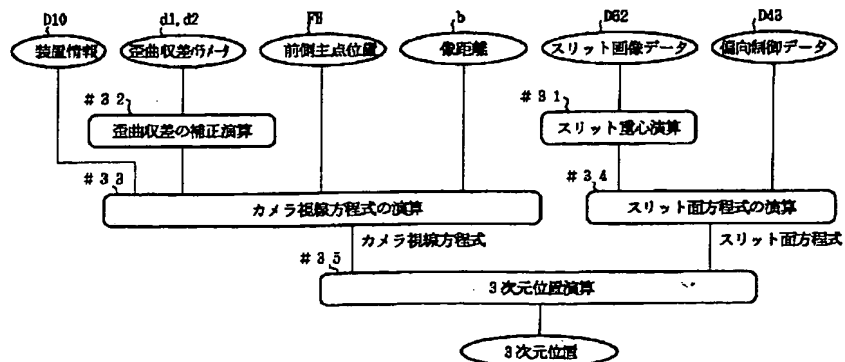
【図6】



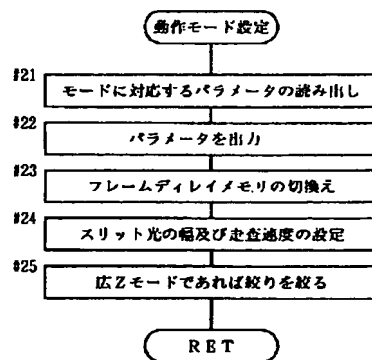
【図 1 1】



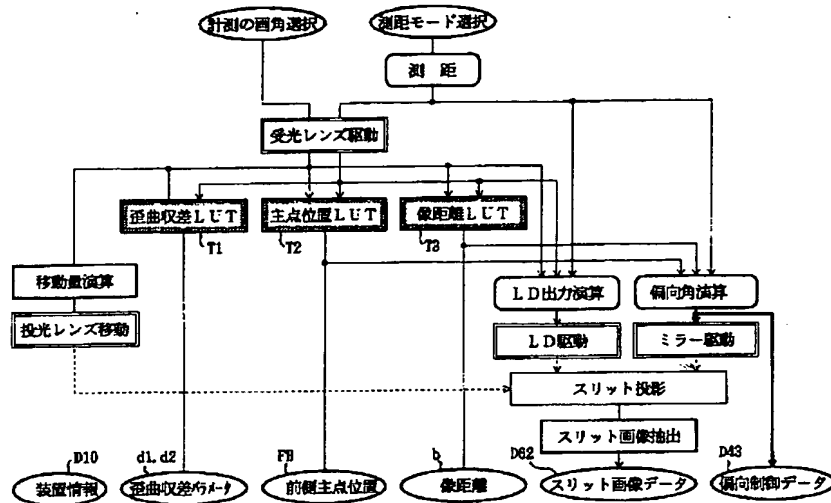
【図10】



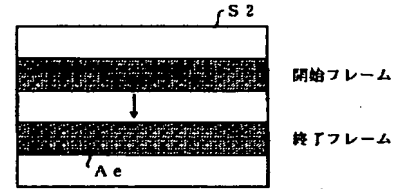
【図14】



【図9】



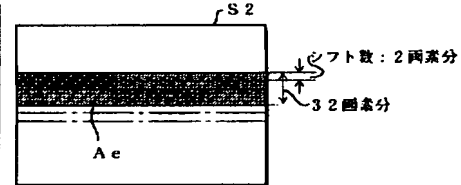
【図18】



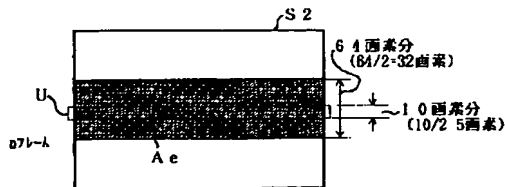
【図12】

動作モード	項目	ライン数 GL	ライン幅 GW	ライン間隔 GT	シフト数 GS	スリット幅 GP	測定速度 QS	測定レンジ QR	分解能 QD	感度 QB	測定エリア QE
標準		32	32	1	1	5	1	1	1	1	1
高速	1	16	16	1	1	5	2	1/2	1	1	1
	2	16	32	2	1	10	2	1	1/2	1	1
	3	32	32	1	2	5	2	1	1/2	1	1
	4	32	32	1	1	5	1/2	1	1	1	R
	5	16	32	2	2	10	4	1	1/4	1	1
広Z	1	32	64	2	1	10	1	2	1/2	1	1
	2	64	64	1	1	5	1/2	2	1	1	1
高感度		(32)16	32	(1)2	1	10	2	1	1/2	2	1
高分解能		32	32	1	1/2	5	1/2	1	2	1	1
高速広Z		32	64	2	2	10	2	2	1	1	1

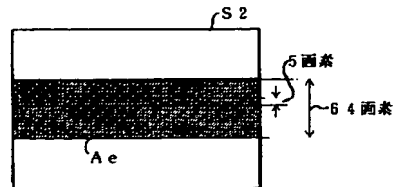
【図17】



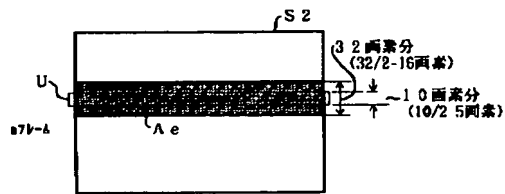
【図19】



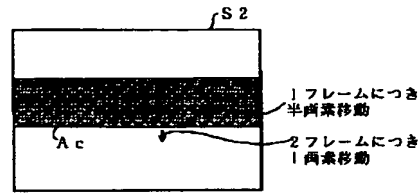
【図20】



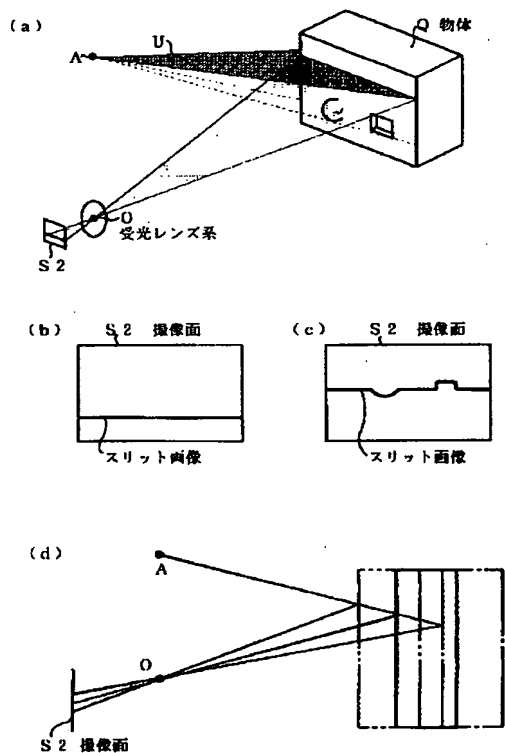
【図21】



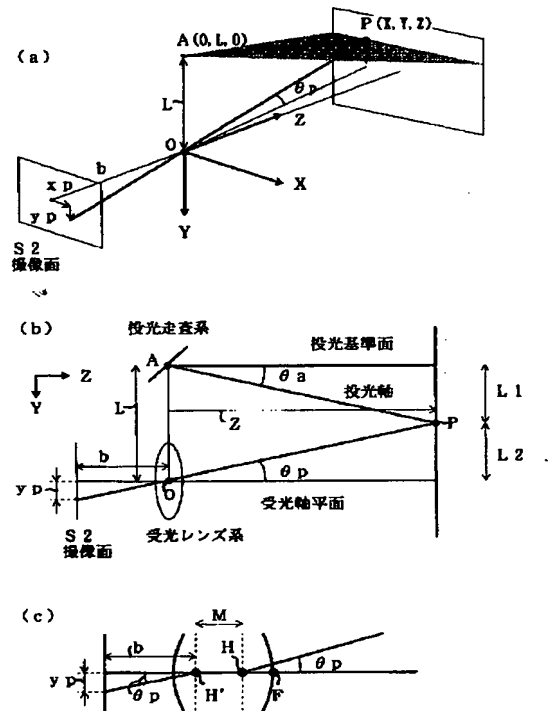
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 宮崎 誠
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
(72)発明者 井手 英一
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 内野 浩志
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
(72)発明者 糊田 寿夫
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル ミノルタ株式会社内